

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類7 G02B 6/38, C25D 1/02	A1	(11) 国際公開番号 WO00/31574 (43) 国際公開日 2000年6月2日(02.06.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/06570 (22) 国際出願日 1999年11月25日(25.11.99) (30) 優先権データ 特願平10/375372 1998年11月26日(26.11.98) JP (71) 出願人 ; および (72) 発明者 田中鐵男(TANAKA, Tetsuo)[JP/JP] 〒321-0945 栃木県宇都宮市宿郷2丁目6番地4 パークヒルズ304 Tochigi, (JP) (71) 出願人 日本フェルール株式会社 (NIPPON FERRULE CO., LTD.)[JP/JP] 〒160-0022 東京都新宿区新宿5丁目1番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者 岡本眞一(OKAMOTO, Shinichi) 〒349-0015 埼玉県蓮田市蓮田193番地2号 Saitama, (JP) (74) 代理人 弁理士 川北喜十郎(KAWAKITA, Kijuro) 〒160-0022 東京都新宿区新宿5丁目1番15号 新宿MMビル Tokyo, (JP)	(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MA, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, SL, TR, TT, TZ, UA, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM) 添付公開書類 国際調査報告書	
<p>(54)Title: OPTICAL FIBER CONNECTOR AND FERRULE USED FOR IT AND PRODUCTION METHOD FOR FERRULE</p> <p>(54)発明の名称 光ファイバコネクタ及びそれに用いられるフェルール並びにフェルールの製造方法</p> <p>(57) Abstract</p> <p>Nickel is electrodeposited around an aluminum alloy wire (9) by electrocasting in an electrocasting bath (50) using the metal wire (9) immersed in an electrocasting solution (3) as a cathode. A nickel cylinder formed with a through hole corresponding to the wire (9) is obtained by eluting with an alkaline solution the aluminum alloy wire (9) from the nickel electrodeposition. A ferrule is obtained by cutting the cylinder to a preset length and cutting the outer periphery with the through hole as a reference. Since an inner diameter precision of the ferrule's through hole is determined by an outer diameter precision of the wire (9), no polishing is necessary for the through hole, thereby providing a high-precision ferrule through a simple and low-cost process. Since a ferrule is made of metal, PC polishing for a ferrule for PC-joining an optical fiber is very easy and therefore a high-performance optical fiber connector can be provided.</p> <div data-bbox="876 1218 1412 1890"> </div>		

(57)要約

電鍍浴 50 中で、電鍍液 3 に浸漬された金属線材 9 を陰極として電鍍を行い、アルミニウム合金線材 9 の周囲にニッケルを電着させる。ニッケル電着物からアルミニウム合金線材 9 をアルカリ溶液で溶出することによって線材 9 に対応する貫通孔が形成されたニッケル円筒が得られる。円筒を所定の長さに切断し、貫通孔を基準として外周を切削してフェルールが得られる。フェールの貫通孔の内径精度は線材 9 の外径精度で決定されるため、貫通孔の研磨は不要である。簡単で低コストのプロセスで高精度のフェルールが得られる。フェールは金属製であるために、光ファイバを PC 接合するためのフェールの PC 研磨が極めて容易であり、高性能な光ファイバコネクタを提供することができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
HA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
BB	バルバドス	GDE	グレナダ	LV	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BF	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BBF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BBG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BBY	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BBYB	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
BBYB	ベラルーシ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TR	トルコ
CC	カナダ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CCG	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MR	モリタニア	UA	ウクライナ
CCG	コンゴ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CHI	コートジボワール	IL	イスラエル	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CM	中国	IT	イタリア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CR	コスタ・リカ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国				
DK	デンマーク						

明 細 書

光ファイバコネクタ及びそれに用いられるフェルール並びにフェルールの製造方法

技術分野

本発明は、光ファイバコネクタ及びそれに用いられるフェルール、及びフェルールの製造方法に関し、さらに詳細には、光ファイバを円筒形のフェルールに通して支えることにより光ファイバのコア同士を正確に位置合わせして接続するための光ファイバコネクタ、及び光ファイバコネクタに用いられるフェルール、フェルールの製造方法並びにフェルールの製造に用いられる線材支持装置に関する。

背景技術

近年、電話回線は世界的な規模で電気ケーブルから光ファイバケーブルに取って代わろうとしている。光ファイバは、電話による光通信のみならず、光デバイス、LAN用機器、各種光システムに広範にも使用されてきている。このような光通信システムにおいて、光ファイバ同士を接続するには、融着やメカニカルスプライスによる永久接続法や、光ファイバコネクタによる着脱可能な接続方法が知られている。後者の方法に用いられる光ファイバコネクタは、着脱が容易であること、耐環境性であることに加えて、光通信システムの長距離化、大容量化の要求に応えるために、低接続損失であること、レーザ発信を安定化させるために無反射処理がなされることなどが要求されている。

従来、光ファイバコネクタは、図1(C)に示したように、断面が真円形で直径約0.13mmの光ファイバ40a, 40bを所定位置に高精度に保持し、同軸状に固定するための管状部品(以下、フェルールという)1a, 1bと、フェルール1a, 1bを突き合わせて保持する整列部42とから構成されている。フェルールは、例えば、図1(A)に示すような円柱形状を有しており、ジルコニアセラミックスなどから製造されている。図1(A)に示したフェルール1は、一芯タイプのフェルールであり、例えば、長さ8mm程度の円柱の

中心に長さ方向に沿って $\phi = 0.126 \text{ mm}$ の真円の貫通孔2が形成されている。図1(B)に示したフェルール1'は、二芯タイプのフェルールであり、2本の光ファイバを通すため2つの貫通孔2a, 2bが穿孔されている。

図1(A)に示したようなフェルールを製造するには、従来、次のような方法が採用されていた。まず、ジルコニア粉末と樹脂の混合物を原料にして、円筒形を成型するための射出成型用または押出成型用金型などを用いて円筒形に成型する。次いで、成型体を 500°C 程度の温度で焼成して樹脂分を分解した後、 1200°C 程度の高温で焼成する。得られた円筒状焼成体の貫通孔に、線状のダイヤモンド研磨体を通して貫通孔の内径を微調整する。最後に、円筒体の外側を内孔を中心にして機械加工して真円になるように仕上げる。

上記成型方法において、焼成した成型体は焼成により幾分収縮してその内径が所望の寸法からずれてくる。このため、焼成後のダイヤモンド研磨体を用いた貫通孔の研磨は必要不可欠な処理であった。しかしながら、この研磨は手間がかかり熟練を要する作業であり、生産性を低くする原因になっていた。しかも、線状の研磨体におけるダイヤモンドの付き具合が不均一であるなどの理由により研磨しても焼成体の内孔の軸方向位置における内径を完全に均一にすることは容易ではなかった。また、ダイヤモンド研磨体は消耗するために、設備コストがかかるという問題があった。

また、上記のように射出成型または押出成型を行うには、高価な専用の成型機及び金型が必要である。特に、極めて硬いジルコニア粉末により成型機及び金型の摩耗が著しいことから、それらの寿命も短い。成型機及び金型表面に硬い材質を用いることもできるが、それらの特殊な成型機及び金型の製造コストが極めて高くなる。さらに、焼成工程において、 $500 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ という高温で焼成するため、エネルギーコストが高くなり、またエネルギー資源の無駄にもなる。上記のようにフェールの製造コストが高くなれば、それを収容する光ファイバコネクタの製造コストも同様に高くなる。

さらに次のような問題もある。従来は、主として図１の（Ａ）に示すような一芯タイプのフェルールが主流を占めていたが、次第に図１（Ｂ）に示すような二芯タイプ、或いはそれ以上の多芯タイプのフェルールが要求されるようになっていく。このような二芯以上のタイプのフェルールでは、ダイヤモンド研磨体による研磨寸法出し工程が非常に難しく、三芯以上のタイプでは実質的に製造が不可能であった。

ところで、光ファイバコネクタを用いて光ファイバ同士を接続するには、接続部分における反射損失を低くするため、光ファイバの先端を互いに突き合わせる接続、いわゆるフィジカルコンタクト（以下、ＰＣという）接続が行われている。ＰＣ接続のためには、フェルールに光ファイバを装填した状態でフェールの端面を光ファイバ先端と同時に、凸球面や斜め凸球面に研磨したり、フラット面または斜めフラット面に研磨する加工が行われていた。従来のジルコニアやガラスなどのフェールの場合には、このような加工を容易におこなうことができないという問題もあった。

また、従来、フェールを光ファイバコネクタに装着する際に、フェールの回転位置を合わせるためにフェールをホルダ内に装着して、ホルダごと光ファイバコネクタに装着していた。このようなホルダを使用するため、光ファイバコネクタの部品点数が増すという問題もあった。

発明の開示

本発明は上記のような従来技術の問題に鑑みてなされたものであり、その第１の目的は、高価で且つ特殊な成型機及び金型などの設備を必要とせず、簡単に安価な設備で、低エネルギーコストで製造することができるフェール並びにその製造方法及び製造装置を提供することにある。

本発明の第２の目的は、作業者の熟練を特に必要とせず、寸法安定性に優れ、

生産性が高いプロセスで製造することができるフェルール並びにその製造方法及び製造装置を提供することにある。

本発明の第 3 の目的は、多芯用のフェルールであっても容易に製造することができるフェルール並びにフェルールの製造方法及び製造装置を提供することにある。

本発明の第 4 の目的は、製造が容易で且つ極めて小さい寸法誤差を有するフェルールを提供することにある。

本発明の第 5 の目的は、光ファイバの高精度な接続を可能とし且つ低コストな光ファイバコネクタを提供することにある。

本発明の第 1 の態様に従えば、光ファイバの接続に用いられるフェルールの製造方法であって、

少なくとも一本の線材の周囲に、電鍍により金属を堆積させて棒状の電鍍体を形成し、

電鍍体から上記線材を除去することを含むフェルールの製造方法が提供される。

本発明の方法では、極めて細い線材を母型として用いて電鍍法によりフェルールを製造したことに特徴がある。この金属管の内径は線材の外径で決定され、金属管の内径精度もまた線材の外径精度で決定される。従って、光ファイバと相似断面（真円形）であり、光ファイバよりわずかに大きな幅または径を有し且つ高精度の直線性及び真円度を備える線材を用いることにより、極めて内径精度の高いフェルールが得られる。得られたフェルールは、直線性及び真円度が高い内孔を有するため、従来行われていたフェルールの内径の寸法精度を確保するための研磨作業は不要となる。線材を電鍍物から取り除くには、電鍍より線材の周囲に金属が堆積した後に、線材のみを電鍍体から溶解させるか、ま

たは線材から電鍍体から引き抜くもしくは押し出せばよい。これにより線材の断面形状に相当する貫通孔が形成された円筒状の金属管が得られる。線材として、0.2 mm以下、特に0.13 mm以下の外径を有する線材を用いることが望ましい。

フェルールを電鍍体から加工するために、電鍍体を所定の長さに切断し、電鍍体から上記線材を除去することによって形成された貫通孔を中心として電鍍体の外周を切削し得る。

本発明の方法において、線材が、例えば、アルミウムまたはその合金である場合には、電鍍後に、上記線材をアルカリまたは酸性溶液で溶解することによって線材を電鍍体から除去するのが好適である。また、線材が鉄またはその合金である場合には、電鍍前に上記線材を離型処理し、電鍍後に上記電鍍体から線材を引き抜くまたは押し出すことによって線材を電鍍体から除去するのが好適である。

本発明の方法では、二本の線材を、所定距離だけ隔てるように配置して電鍍することにより二芯のフェルールを製造することができる。この際、同一径の一对のピンを挟むように上記二本の線材を配置させることにより二本の線材の間隔を容易に且つ高精度に制御し得る。三本以上の線材を、例えば、二本以上のピンを用いて、互いに同じ距離だけ隔てて平行に配列して三芯以上のフェルールを製造することもできる。

本発明の第2の態様に従えば、第1の態様に従う方法によって製造された金属製フェルールが提供される。

本発明の第3の態様に従えば、光ファイバを接続するために用いられるフェルールであり、金属材料のみから一体的に形成されてなるフェルールが提供される。

本発明の金属製のフェルールは、例えば、本発明の電鍍方法により極めて高精度で、容易に且つ安価に製造することができる。また、フェルールを収容した光ファイバコネクタを介して２本の光ファイバを接合する時に、フェールの先端は光ファイバとともに、フラット接合またはＰＣ接合のために研磨されるが、本発明のフェルールは金属製であるのでその研磨が極めて容易であり、高精度に制御された研磨が可能である。それゆえ、良好なＰＣ接合が可能となり、低反射損失のファイバ接合が可能となる。

本発明のフェルールは、その両端において光ファイバを貫通させる孔がテーパ状に加工されてよく、メカニカルスプライスのためのスリーブとして用いることも可能である。

上記フェルールは、フェールの長手方向を貫通する円柱状中空部を有し、フェールの一方の端部において該中空部と同じ径の第１開口を有し、他方の端部において該中空部の径より大きな径の第２開口を有し得る（図２０参照）。上記中空部が、第１中空部と、それより大径の第２中空部と、第１中空部と第２中空部とを連結するテーパ状の第３中空部とを備え得る。この場合、第２中空部に光ファイバの被覆部が収容され、第１中空部に光ファイバのクラッドが収容される。すなわち、第２中空部は従来のフェルールホルダとして機能する。第３中空部は、光ファイバのクラッドが第１中空部に導入されることを容易にする。

本発明の第３の態様に従えば、光ファイバを接続するための光ファイバコネクタであって、

金属材料のみから一体的に形成されたフェルールと；

フェルールを収容するためのハウジングと；を備える光ファイバコネクタが提供される。

本発明の光ファイバコネクタは金属製のフェルールを備えるために、PC接続のための研磨を容易且つ高精度に実施することができる。それゆえ、低コストで且つ低反射損失の光ファイバコネクタが実現される。上記金属製フェルールは本発明に従う電鍍法により形成されるのが好ましい。

本発明の光ファイバコネクタのハウジングは、プラグまたはジャックとして機能し得る。光ファイバコネクタは、さらに、2本のフェルールを整列させるためのスリーブを備え得る。光ファイバコネクタは、さらに、上記プラグに着脱可能に接続するためのアダプタを備え得る。この場合、アダプタはその内部にフェルールを整列させるためのスリーブを有し得る。さらに、光ファイバコネクタは光ファイバケーブルを備え得る。

本発明の第4の態様に従えば、光ファイバ接続用多芯フェルールを電鍍により製造するときに用いられる線材支持装置であり、

基板と；

基板上に互いに対抗して設けられた一对の位置決め用第1凸部であって、互いに同一の幅を有する第1凸部と；

上記一对の位置決め用第1凸部を挟んで互いに平行に張れた二本の線材と；を備える装置が提供される。

本発明の装置は、電鍍浴中に装着されて、多芯タイプのフェルールの製造に極めて有効な装置である。二本の線材は、互いに逆方向から凸部、例えば、基板上に設けられた基準ピンに対して付勢されるように凸部と接触している。それゆえ、線材は凸部の両側でそれぞれ位置決めされ、それによって二本の線材の間隔は、基準ピンの径のより高精度に管理される。多芯用フェルール内に形成された複数の内孔間の間隔を変更するために、種々の径の基準ピンを予め用意しておき、内孔間の間隔に応じて基準ピンを適宜交換すればよい。

上記装置は、さらに、基板上に対抗して設けられた一对の位置決め用第2凸

部であって、互いに同一の幅を有する第2凸部と、上記一对の位置決め用第2凸部を挟んで互いに平行になるように張られた二本の線材とを備え、第1凸部を挟んで互いに平行に張られた線材と、第2凸部を挟んで互いに平行に張られた線材とが互いに平行であり、それぞれ隣接する線材間で同一距離を隔てるように配置し得る。これにより、4つの内孔が同一間隔になるように配列して形成された四芯タイプのフェルールを製造することができる。

図面の簡単な説明

図1は、光ファイバコネクタ及びフェールの断面図を示し、(A)は一芯タイプのフェールの縦断面図及びそのX-X方向断面図であり、(B)は二芯タイプのフェールの縦断面図及びそのX-X方向断面図であり、(C)は光ファイバを接続するための光ファイバコネクタの概略断面図である。

図2は、本発明の一実施例に従う電鍍装置の概略構成を示す図である。

図3は、図2に示した装置に用いられる支持治具の側面図(A)と平面図(B)である。

図4は、図2に示した装置に使用可能な支持治具の一具体例であり、二芯タイプのフェール製造用に適した支持治具の側面図である。

図5は、本発明に係る断面が円形以外の種々の多芯タイプの線の断面図(A)～(F)である。

図6は、本発明の方法に従い、電鍍物から線を押し出す方法を説明する概念図である。

図7は、本発明の方法に従い、電鍍物から線を引き抜く場合に、テープ20が線に所定間隔で設けられることを説明する概念図である。

図8は、電鍍後に、図7で説明したテープ20を剥離した状態の線を示す概念図である。

図9は、本発明の方法に従い電鍍物から線を引き抜く場合に、治具を使用して電鍍品から線を引き抜く方法を説明する概念図である。

図10は、本発明の実施例4で使用される支持治具の概略構成を示す平面図である。

図 1 1 は、図 1 0 に示した支持治具に取り付けられるワイヤを示す概念図である。

図 1 2 は、図 1 0 に示した支持治具に取り付けられるフックの平面図 (A) 及び側面図 (B) である。

図 1 3 は、実施例 4 で得られた電鑄品の断面図を示す。

図 1 4 は、三芯以上のフェルールを製造するために用いられるワイヤの支持治具の一部を示す概念図である。

図 1 5 は、メカニカルスプライス用のスリーブの構成例を説明しており、(A) はスリーブの断面図を示し、(B) は 2 本の光ファイバをスリーブで永久接続する方法を示す。

図 1 6 は、本発明に従う光ファイバコネクタプラグの構造を示す概略断面図である。

図 1 7 は、本発明に従う光ファイバコネクタの構造を示す概略断面図である。

図 1 8 は、本発明に従う光ファイバコネクタ付き光ケーブルの構造を示す概略断面図である。

図 1 9 は、実施例 6 で説明した装置を用いて電鑄した後、外形を直方体状に加工することによって得られたフェルールの断面構造を示す図である。

図 2 0 は、フェルールと、従来使用されていたフェルール用ホルダとを一体的に形成した一体型フェルールの構造及び使用方法を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

最初に、本発明のフェルールを電鑄により製造する装置を、図 2 を参照しながら説明する。図 2 に示した装置は、電鑄浴 5 0 と、電鑄浴 5 0 の内に充填された電鑄液 3、電鑄浴 5 0 内に配置された陽極 4 及び陰極 8 とを備える。陽極 4 は、電鑄浴 5 0 の底部に設置されたベース 5 2 上に、陰極を取り巻くように 4 本設けられている。陰極 8 は、後述するように、支持治具 5 上に設けられており、支持治具 5 の上下端部間に張られた線材 9 に電氣的に接続されている。ベース 5 2 上には空気ノズル 6 が線材 9 の周方向に 9 0 度の間隔で設けられている。

電鍍液 3 は、線材 9 の周囲に電鍍しようとする金属の材質に応じて決定され、例えば、ニッケル又はその合金、鉄又はその合金、銅又はその合金、コバルト又はその合金、タングステン合金、微粒子分散金属などの電鍍用金属を用いることができ、スルファミン酸ニッケル、塩化ニッケル、硫酸ニッケル、スルファミン酸第一鉄、ホウフッ化第一鉄、ピロリン酸銅、硫酸銅、ホウフッ化銅、ケイフッ化銅、チタンフッ化銅、アルカノールスルホン酸銅、硫酸コバルト、タングステン酸ナトリウムなどの水溶液を主成分とする液、又は、これらの液に炭化ケイ素、炭化タングステン、炭化ホウ素、酸化ジルコニウム、チッ化ケイ素、アルミナ、ダイヤモンドなどの微粉末を分散させた液が使用される。これらのうち特に、スルファミン酸ニッケルを主成分とする浴が、電鍍の容易さ、電鍍物の応力が小さいこと、化学的安定性、溶接の容易性などの面で適している。

なお、電鍍液の金属成分は電鍍物、すなわち、フェルールを構成する材料となる。フェルールは、後述するように、PC 接続を行わせるために、PC 研磨行われる。PC 研磨の観点からすれば、金属成分としてニッケル／コバルト合金が特に好ましい。

電鍍液は、電鍍浴中にて、濾過精度 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度のフィルター（不図示）を用いて高速濾過してよく、加温して $50 \pm 5^\circ\text{C}$ 程度の適性温度範囲に温度コントロールしてもよい。また時々、活性炭処理をして有機不純物を除去するのが好ましい。また、ニッケルメッキした鉄製の波板を陰極、カーボンを陽極にして 0.2 A/dm^2 程度の低電流密度で通電して銅などの金属不純物を、浴中の電鍍液から除去することが望ましい。

陽極 4 は、電鍍しようとする金属に応じて選択され、ニッケル、鉄、銅、コバルトなどから選定され、板状、球状のものを適宜使用することができる。球状の電極を使用する場合は、例えば、チタン製のバスケットに入れ、ポリエス

テル製の布袋で覆って使用すればよい。

支持治具 5 を図 3 を参照しながら詳細に説明する。図 3 (A) は側面図であり、図 3 (B) は下板 11 の B-B 方向から見た断面図である。支持治具 5 は、上板 10 と下板 11 が 4 本の支柱 12 を介して連結されており、上板 10 と下板 11 は、例えば、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリアセタール樹脂またはポリエチレン樹脂の電気絶縁材料で製造され、支柱 12 は、ステンレス、チタンなどの金属又はプラスチックで製造され得る。上板 10 及び下板 11 は、支柱 12 と、それぞれ、ネジ (不図示) で固定され得る。上板 10 の中央には、陰極 8 としてのステンレスネジ 13 a が上板 10 を貫通するように設けられている。ステンレスネジ 13 a は、上板 10 の下面にてステンレス製のバネ 7 の一端 7 a を固定している。下板 11 の中央には、同様にステンレスネジ 13 b が下板 11 を貫通して下板 11 の上面に突出するように設けられており、プラスチック製のクリップ 15 がネジ 13 b に固定されている。前述のように、下板 11 には、エアーノズル用の円孔 14 が 4 か所に穿孔されている。線材 9 の一端はステンレス製のバネ 7 の他端 7 b に引掛られ、線材 9 を引っ張ってバネ 7 を伸ばしながら線材 9 の他端がクリップ 15 で把持される。このように線材 9 を支持治具 5 に取り付けることにより、線材 9 は鉛直方向に真っ直ぐに張った状態で電鍍浴 50 中で支持される。

図 3 に示した支持治具 5 は、一芯タイプのフェルールを電鍍するための治具であるが、二芯タイプのフェルールを電鍍する場合には、例えば、図 4 に示す様な構造の支持治具 5' を用いることができる。図 4 に示した支持治具 5' において、上板 10 と下板 11 との間にプラスチック製の補助部材 17 が 2 か所に設けられ、この補助部材 17 の中央部には、2 か所に細孔 19 の穿孔されたプラスチック製の線保持部材 18 が埋設されており、ステンレスネジ 13 とクリップ 15 が二か所に設けられている。また、2 本の線材 9 の所定間隔と平行度の保持のため、補助部材 17 間に支持された線材 9 に所定の距離を隔てて線材 9 を一体化するハンダ 25 が設けられている。これらの構造以外は、支持治

具 5' は図 3 に示した支持治具 5 と同様の構造を有する。

三芯タイプ以上の場合は、図 4 に示した支持治具 5' と同様に、線の数に応じて、線保持部材 18 を変形して、そしてステンレスネジ 13 とクリップ 15 を増加させればよい。ただし、線材 9 を保持する方法は、前記方法に限定されるものではなく、例えば、線を引っ張る方法にバネ以外にゴムなどの弾性部材を用いても良く、また、線の下端に重りを付けてもよい。さらに、2 本の線材の間隔をより精密に制御するには、後述する実施例 4 において説明する支持治具を用いるのが好適である。

また二芯以上のフェルール場合は、前記したように高い寸法精度が要求されることから、線材 9 の断面が円形ではなく、例えば図 5 の (A) ~ (G) に示すような円形以外の断面形状の線材を使用してもよい。図 5 において (A) は二芯タイプのフェルール製造用の線であり、断面が楕円形である。図中の仮想線はこの線材を用いて電鑄により得られるフェルールの内部に通される光ファイバに相当する。

図 5 の (B) は、三芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、角に丸みのある三角形の断面形状を有する。(C) は、四芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、角に丸みのある四角形の断面形状を有する。(D) は五芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、角に丸みのある五角形の断面形状を有する。(E) は、六芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、角に丸みのある六角形の断面形状を有する。(F) は七芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、角に丸みのある七角形の断面形状を有する。(G) は、四芯タイプのフェルール製造用の線材の断面図であり、長方形の断面形状を有する。(G) では、得られたフェルールの内側に仮想線で示した光ファイバが互いに隣接して配列されることを想定している。図 5 の (A) ~ (F) に示した線は、角に丸みを設けない形状にしてもよい。これらの線は、図 1 ~ 4 に示した線材 9 の代わりに用いることができる。

図1に戻って、エアー吹出ノズル6は、その孔から少量のエアーを吹き出して電鍍液3を攪拌する。ただし、電鍍液3の攪拌はエアーによるに限定されず、他にプロペラ、超音波、超振動などの手法を採用でき、特に、超音波攪拌が線材9の直線性を維持する面から望ましい。

線材9は、鉄またはその合金、アルミニウムまたはその合金、銅またはその合金などの金属線、及びこの金属線の上に薄いハンダメッキをしたもの、及びナイロン、ポリエステル、テフロンなどのプラスチック線から適宜選択使用される。このうちプラスチック線の場合は、表面に導電性の付与のためニッケル、銀などの無電解メッキが必要となる。導電性プラスチックを用いるのが有利である。この場合、電鍍後に導電性プラスチックに通電して加熱すると電鍍物の引き抜き離型が容易となる。線材9は、電鍍で得られるフェルールの内径を決定することになるので、線の太さ、真円度及び直線性において高精度のものが要求される。線は、ダイスによる押し出しや伸線による方法或いはセンタレス加工などにより太さと真円度と、直線性の調整を実施することができる。現時点では、直径 $125\mu\text{m}$ のステンレス線の場合には、例えば、 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 程度の誤差範囲のステンレス線材製品が入手可能である。図5に示した円形以外の断面形状の多芯タイプの線の場合には、ダイスによる押し出しなどで正確な寸法出しをすればよい。

次に、図2に示した電鍍装置100を用いて管状部材を電鍍により形成する操作を説明する。電鍍浴50に、電鍍液3を充填した後、 $4\sim 20\text{A}/\text{dm}^2$ 程度の電流密度になるように陽極4及び陰極8にDC電圧を印加する。この電流密度でほぼ1日間電鍍することにより線材9の周囲に直径3mmの太さの電着物に成長させることができる。電鍍の終了後、支持治具5を浴50から取り出して、線材9を支持治具5から取り外す。線材9は電着物から引き抜くか、加熱した酸またはアルカリ水溶液に溶かすなどで除去することができる。ハンダメッキの金属線の場合は、金属線を加熱しながら引き抜けばよい。

また、電着物から線材 9 を押し出しにより取り出すことも可能である。例えば、図 6 に示すような貫通孔 2 1 a が内部に形成されたガイド 2 1 と超硬ピン 2 2 を用いて、ガイド 2 1 を、電鍍品 2 3 に対して、互いの貫通孔 2 1 a 及び 2 3 a が超硬ピン 2 2 を通じて連結するように配置して、超硬ピン 2 2 で電鍍品 2 3 から線材 9 を押し出すこともできる。この場合は、電鍍品 2 3 の線材 9 の一端を、薬品で少し溶かしてから実施するのが望ましい。

選択した線材 9 の材料により、電鍍品の中心に存在する線材 9 を引き抜くか、押し出すか、あるいは薬品で溶解するかを決定すればよい。一般には、線材が薬品に溶解しにくく、引っ張り強度の高いものは、引き抜きまたは押し出しを利用し、薬品に溶解しやすいものは、溶解させるのがよい。例えば、鉄またはその合金の場合は、線材 9 を離型処理した後、図 7 に示すようにビニルテープなどの電気絶縁体 2 0 で一部を覆って前述の電鍍を実施し、電鍍品から電気絶縁体 2 0 を剥がして線材 9 を図 8 に示すように露出させると、電鍍品 2 3 から線材 9 を引き抜き易くなる。上記ハンダメッキした金属線、無電解メッキしたプラスチック線の場合には、離型処理なしで同様の方法で引き抜けばよく、ハンダメッキした金属線の場合には、加熱しながら引き抜けばよい。引き抜き法の場合には、特に線材 9 は鉄の合金であるステンレス線が望ましく、実験的には、直径 0.126 mm のステンレス線で 100 mm 程度の長さまで引き抜くことができた。

線材 9 がアルミニウムまたはその合金、銅またはその合金などの場合には、線材 9 が酸またはアルカリ水溶液に溶解しやすいため、溶解による除去が有効である。溶解液として、アルミニウムまたはその合金を溶解しつつ、電鍍金属に殆ど影響を与えない強アルカリ水溶液が好ましい。具体的には、5～10 w/v % 程度の濃度の水酸化ナトリウム、水酸化カリウムなどの強アルカリ水溶液を使用し、100±3℃程度に加熱することにより容易に溶解除去することができる。実験的には、10 mm の長さのアルミニウム線を 90 分程度で溶解

除去することができた。この場合には、引き抜く必要がないので図 7 に示すような電気絶縁体で覆って電鍍する必要はなく、線材 9 の全面を電鍍すればよく、また線材 9 の離型処理は不要である。

得られた電鍍物は、所定の長さに、例えば、薄刃カッターを用いて切断することによりフェルールとして使用可能である。特に、本発明の方法を用いることにより、フェールの内径の寸法精度は極めて高く、その精度は前述の線材 9 の寸法誤差で決まる。なお、フェール外径の真円度を高めるために、外周部を仕上げ加工することが好ましい。外周部の仕上げ加工は、NC 機械加工で外周を切削すればよい。溶解法により線材 9 を除去する場合には、電鍍した後、線状の電鍍物を所望の長さにカットした後、酸またはアルカリ液に線材 9 が完全に溶解して電鍍物の内部に貫通孔が形成させ、次いで NC 機械加工などで外周を上げることができる。この場合、溶解工程を外周加工の後にしてもよい。

得られたフェールは、フェールの回転方向を位置決めするとともに光ファイバコネクタハウジング中に收容するためのフェールホルダに嵌合され得る。フェールを用いた光ファイバコネクタで光ファイバを接続するためには、前述のように光ファイバ同士の PC 接続が望ましい。PC 接続を行うためには、フェールに光ファイバを挿入した形でフェールの端面を、凸球面または傾斜した凸球面に加工する。この加工は、端面研磨機を用いて実行することができる。本発明のフェールは電鍍により形成された金属製フェールであるので、従来のジルコニアやガラス製のフェールに比べて PC 研磨が一層容易にできるという利点がある。さらに、PC 研磨後の光ファイバ先端とフェール研磨面とはそれらの高さが同程度となることがわかった。従って、本発明のフェール及びそれを含む光ファイバコネクタを用いることにより、極めて高精度に光ファイバを接続が可能であり、それにより低反射損失の接続を実現することができる。

実施例 1

断面が円形の $\phi = 0.126$ mm のアルミニウム合金（銅、マグネシウム及びアルミニウムの合金）線を準備し、図 3 の（A）に示したように治具 5 にバネ 7 の弾力で鉛直方向に引っ張った状態にセットした。なお、合金線の表面を、石油ベンジンを浸したガーゼでよく拭いて脱脂を行った。図 2 に示した電鍍浴 50 にスルファミン酸ニッケルを主成分とする電鍍液 3 を充填し、ポリエステル製の袋に入れたチタン製の網の中にニッケル球を入れた陽極 4 を線材 9 を中心にベース 52 の四隅に 4 本設置し、電鍍浴を $1\text{ }\mu\text{m}$ の濾過精度で高速濾過しながら $55 \pm 5^\circ\text{C}$ の温度になるように加温した。そして、上記のようにアルミニウム合金線を取り付けた治具 5 を良く水洗いした後、図 2 に示したように設置した。

陰極 8 及びニッケル陽極 4 に $4 \sim 20\text{ A/dm}^2$ 程度の電流密度になるように DC 電圧を印加した。このような条件で電鍍を 1 日間実施して、 $\phi = \text{約 } 3\text{ mm}$ の太さのニッケル電鍍品を得た。電鍍品を浴から取り出して洗浄した後、NC 自動加工機で、長さ 8.50 mm に切断した。切断した電鍍品を $100 \pm 3^\circ\text{C}$ に加温した 20% 水酸化ナトリウム水溶液中に 3 時間浸漬してアルミニウム合金線を完全に溶解して除去し、管状の電鍍品を得た。次いで、超音波水洗で良く水洗し、乾燥した後、NC 自動加工機で太さ（外径） 2.00 mm 、長さ 8.00 mm まで加工して完成品とした。内径寸法は、電鍍後に何ら加工しないにも関わらず、軸方向で $0.126\text{ mm} \pm 0.5\text{ }\mu\text{m}$ であった。このことは、本発明の方法を用いれば内径寸法誤差は、線材の誤差（ $0.126\text{ mm} \pm 0.5\text{ }\mu\text{m}$ ）で決まり、すなわち、入手可能な高精度な線材を用いれば、容易に高精度なフェルールを製造することができることを意味する。

実施例 2

断面が円形の $\phi = 0.126\text{ mm}$ の SUS 304 から構成された線材 9 を準備し、実施例 1 と同様にして治具 5 に線材 9 をセットした。そして図 7 に示すように線材 9 をビニル粘着テープ 20 で 40 mm 間隔で被覆した。この治具 5 を水洗した後、脱脂及び水洗した後、市販の日本化学産業社製のニッカノンタ

ック A、B 混合液の水溶液に常温で 10 分間浸漬して離型処理した。次いで、よく水洗してから、実施例 1 と同様に 9 A/dm^2 で 1 日間、電鍍して平均で $\phi = \text{約 } 3 \text{ mm}$ の太さのニッケル電鍍品を得た。この電鍍品を、図 9 に示すように、貫通孔 24 a が形成された引抜治具 24 にセットし、線材 9 をラジオペンチでつかんで引っ張って、電鍍品 23 から引き抜いた。この電鍍品は、太さが $\phi = \text{約 } 3 \text{ mm}$ 、長さ約 40 mm であり、軸中心に $\phi = 0.126 \text{ mm}$ の細孔（内孔）が形成されている。この電鍍品を、細孔を中心として小型 NC 自動加工機で外周切削して太さ 2.00 mm で長さ 8.00 mm の完成品とした。内径寸法の誤差は、実施例 1 と同様に、電鍍後に何ら加工しないにも関わらず、軸方向で $0.126 \text{ mm} \pm 0.5 \mu\text{m}$ であった。

実施例 3

断面が図 5 (A) に示したような楕円形のアルミニウム合金線を準備した。このアルミニウム合金線は、断面が短径 0.126 mm 、長径 0.252 mm の楕円形であった。このアルミニウム合金線を使用して実施例 1 で説明したのと同様にして電鍍を行ったところ、二芯タイプのフェルールを得ることができた。

実施例 4

この実施例では、図 1 (B) に示したような二芯タイプのフェルール、特に、二つの細孔がフェルール中で互いに隔壁により隔てられているフェルールを製造する例を説明する。

図 10 に示した支持治具 60 は、上記のような二芯タイプのフェルールを製造するために電鍍浴中で用いられる治具である。治具 60 は、プラスチック製の基体 62 上に、互いに対抗する位置に線材 90 の間隔調整用の一対の基準ピン 64 a、64 b が埋設されている。基準ピン 64 a、64 b は、いずれも、直径 $500 \mu\text{m}$ のステンレス製の円柱状ピンであり、基板表面から $5 \sim 10 \text{ mm}$ の高さで突出するように基板面内に埋め込まれている。また、基板 62 上に

は、線材 90 をガイドして、線材 90 のたるみを取るためのタングステン製のガイドピン 67 a ~ e が設けられており、66 a ~ 66 c は、基準ピン 64 a 側の線材 90 の張り維持するとともに、66 d ~ 66 e は、基準ピン 64 b 側の線材 90 の張り維持する。基板 62 の下端には、金属製のフックホルダ 68 が設けられている。基板 62 の中央部には、電着の異方性を防止するために開口 62 a が形成されている。

線材 90 は、断面が円形の $\phi = 0.126 \text{ mm}$ のアルミニウム合金製ワイヤであり、図 11 に示すようにその両端にそれぞれ輪 90 a, 90 b が形成されている。このワイヤ 90 は、以下のようにして支持治具 60 に支持される。ワイヤ 90 の一端 90 a は基板 62 の上端に配置されている。ワイヤ 90 は、ガイドピン 66 c 及び 66 b に順次沿っており、基準ピン 64 a を反時計の回転方向に部分的に周回させて下方に向っている。次いで、ワイヤ 90 は下方の基準ピン 64 b を反時計の回転方向に部分的に周回した後、ガイドピン 66 d を部分的に周回して後述するフック 70 を介してガイドピン 66 d を時計方向に部分的に周回し、次いで再び下方基準ピン 64 b を反時計方向に部分的に周回して上方に向かう。そして、上方の基準ピン 64 a を反時計方向に部分的に周回した後、ガイドピン 66 a を部分的に周回して基板 62 の上端に至り、ワイヤの端部 90 a, 90 b 同士がガイドピン 66 c 上で結び付けられている。

ワイヤ 90 は基準ピン 64 a と開口 62 a との間で保持板 72 により基板 62 の表面に押し付けられている。また、ワイヤ 90 はガイドピン 66 d、66 e の下方において、図 12 の (A) 及び (B) に示したような形状のフック 70 の第 1 係合部 70 a に引っ掛けられる。フック 70 の第 2 係合部 70 b はフックホルダ 68 の端部に引っ掛けられる。このように、ワイヤ 90 の第 1 部 90 a 及び第 2 部 90 b は、ガイドピン 66 a ~ 66 e、基準ピン 64 a, 64 b 及びフック 70 によりその張りが維持されており、基板 62 の開口部上において互いに平行に張られているワイヤ 90 の第 1 部 90 a 及び第 2 部 90 b 間隔は、基準ピン 64 a, 64 b により調整されている。このワイヤ第 1

部 90 a 及び第 2 部 90 b の間隔は、基準ピン 64 a , 64 b を異なる外径を有するピンに変更することにより容易に変更が可能である。すなわち、貫通孔の外径基準で $300\mu\text{m}$ の間隔の二芯タイプのフェルールを製造したいときには、 $\phi = 300\mu\text{m}$ の基準ピン 60 a 及び 60 b を用いれば良い。

図 10 に示した支持治具 60 を、図 2 に示した電鍍浴 50 内に、支持治具 5 の代わりに設置した。この際、支持治具 60 の基板 62 の下端をベース 52 上に固定するとともに基板 62 の上端を浴 50 の上方から支持した。電鍍液 3 は、支持治具 60 の保持板 72 の高さに達するまで充填した。電鍍液 3 及び電鍍装置 100 の構成は、支持治具 5 を除いて実施例 1 と同様である。

陰極 8 及びニッケル陽極 4 に $4 \sim 20\text{ A/dm}^2$ 程度の電流密度になるように DC 電圧を印加した。このような条件で電鍍を 1 日間実施して、短径約 $1800\mu\text{m}$ 、長径約 2100 mm の楕円状の断面を有するニッケル電鍍品を得た。電鍍品を浴 50 から取り出して洗浄した後、NC 自動加工機で、長さ 8.50 mm に切断した。切断した電鍍品を $100 \pm 3^\circ\text{C}$ に加温した 20% 水酸化ナトリウム水溶液中に 3 時間浸漬してアルミニウム合金線を完全に溶解して除去し、管状の電鍍品を得た。得られた電鍍品の断面図を図 13 に示す。図 13 に示したように、楕円状の断面の電鍍品 95 は内部に $500\mu\text{m}$ の間隔を隔てて内径 $125\mu\text{m}$ の貫通孔 95 a , 95 b が形成されていた。

次いで、超音波水洗で良く水洗し、乾燥した後、NC 自動加工機で外周部を切削して外径 $2000\mu\text{m}$ の真円に加工した。また、長さは 8.00 mm にまで加工した。電鍍品 95 の貫通孔 95 a , 95 b の内径寸法は、電鍍後に何ら加工しないにも関わらず、軸方向で $0.126\text{ mm} \pm 0.5\mu\text{m}$ であった。このことは、実施例 1 の一芯タイプのフェルールと同様に、内径寸法誤差は線材の誤差 ($0.126\text{ mm} \pm 0.5\mu\text{m}$) で決まり、すなわち、入手可能な高精度な線材を用いれば、容易に高精度な二芯タイプのフェルールを製造することができることを意味する。

実施例 5

この例では、ワイヤ 90 として断面が円形の $\phi = 0.126 \text{ mm}$ の SUS 304 から構成されたワイヤを用いた以外は、実施例 4 で用いたのと同様の電鍍装置及び電鍍条件で電鍍を実行した。

得られた電鍍品の線を、図 9 に示した引抜治具と類似しているが貫通孔が 2 つある治具にセットし、一対のワイヤ 90 をそれぞれラジオベンチでつかんで引っ張って、電鍍品から引き抜いた。この電鍍品は、図 13 に示したように、内部に $500 \mu\text{m}$ の間隔を隔てて内径 $125 \mu\text{m}$ の貫通孔 95a, 95b が形成されていた。次いで、超音波水洗で良く水洗し、乾燥した後、NC 自動加工機で外周部を切削して外径 $2000 \mu\text{m}$ の真円に加工した。また、長さは 8.00 mm にまで加工した。電鍍品 95 の貫通孔 95a, 95b の内径寸法は、電鍍後に何ら加工しないにも関わらず、軸方向で $0.126 \text{ mm} \pm 0.5 \mu\text{m}$ であった。

実施例 6

実施例 4 及び 5 では、二芯タイプの製造例を示したが、図 10 に示した装置を改良することにより、三芯以上のフェルールを製造することが可能である。例えば、図 14 に示したように、図 10 に示した支持治具の基準ピン 62a, 62b の代わりに、基準ピン 98a ~ 98d を用いるとともに、補助ガイドピン 102, 104a 及び 104b を用いる。この例では、ガイドピン 66d, 66e は使用しなくてもよい。このようにピンを配置すると、それらのピンを経由して張られたワイヤ 90 のうち、ワイヤ部分 90a と 90b との間隔は基準ピン 98a 及び 98c の外径で決定され、ワイヤ部分 90c と 90d との間隔は基準ピン 98b 及び 98d の外径で決定される。また、ワイヤ部分 90b と 90c との間隔は基準ピン 98a と 98b との外径基準の間隔及び基準ピン 98c と 98d との外径基準の間隔に、ワイヤの太さを考慮して決定される。図 14 に示したような基準ピンを有する治具を用いて電着を行うと、互いに所

定間隔を隔てた貫通孔を有する四芯タイプのフェルールが得られ、フェルールに形成される4つの貫通孔の中心位置は、支持治具における基準ピン98a～98dの直径及び埋設位置によって自動的に決定される。それゆえ、光ファイバ貫通孔が極めて高精度に配列して形成されたフェルールを製造することが可能となる。こうして得られるフェルールは、電鋳後に適宜外形を加工することにより、例えば、図19に示すような断面構造を有し得る。

図14に示した線支持構造は、一例であって、基準ピンの数を適宜増すことによって、五芯以上のフェルールを高精度で且つ簡単に電鋳形成することができる支持治具を提供することができる。

実施例7

この例では、実施例1～3で製造したニッケル製フェルールを用いてメカニカルスプライス用のスリーブを構成する例を説明する。メカニカルスプライス用のスリーブは、2本の光ファイバを永久接続するためのスリーブであり、例えば、実施例1で製造したフェールの貫通孔を、図15(A)に示したように、フェールの両側から内側に向かって所定の距離だけテーパ状に削り出すことによって形成することができる。さらに、光ファイバを両側から挿入したときに空気を逃がすためのスリット112を、フェール110の長さ方向中央部に設けることができる。本発明のフェールは電鋳により得られた金属製フェールであるので、上記の加工が極めて容易である。

こうして得られたスリーブ(フェール110)は、図15の(B)に示すようにして、2本の光ファイバ40a, 40bをスリーブの両端のテーパ孔110a, 110bから挿入して、スリーブ110の中央部で接続することができる。本発明のフェール110は金属製であるため、光ファイバ40a, 40bを圧入によりフェール内で確実に固定することができるため、接着剤による接着は不要となる。また、フェールは金属製であるために、溶接により光ファイバ40a, 40bを固定することができる。

実施例 8

この例では、実施例 1～3 で製造したフェルールを収容した光ファイバコネクタ（コネクタプラグ）を構成する例を図 16 を参照しながら説明する。

図 16 に、P C 研磨が予め施された光ファイバコネクタの構造の一例を示す。光ファイバコネクタ 115 は、フェルール 92 と、フェルールの回転位置を位置決めするように保持するフェルールホルダ 106 と、それらを収容し且つプラグとして機能するハウジング 108 とから構成されている。フェルール 92 は、実施例 1 で製造したニッケル製のフェルールを用いた。フェルール 92 の後端部 94 は、光ファイバを挿入し易くするために貫通孔がテーパ状に広げられて形成されている。フェルールホルダ 106 は、フェルール 92 の後端部 92b とよりも大きな直径、例えば 0.9 mm の貫通孔 106a が同軸状に形成されている。この貫通孔に光ファイバがその被覆部 400 とともに挿入される。

フェルール 92 の先端にはフェルール 92 の全長より短い接続用光ファイバ 40c が既に挿入されており、フェルール 92 の先端 93 は光ファイバ 40c の末端と一緒に凸球面状に P C 研磨が予め施されている。P C 研磨は、端面研磨機を用いて行った。P C 研磨においてフェルール 92 はニッケル製であるため、極めて容易に且つ高精度に研磨されていた。

このように、光ファイバコネクタ 115 に、フェルール 92 の全長よりも短い光ファイバを予め入れておき出荷前に P C 研磨しておくことにより、接続現場での P C 研磨作業を省略することができる。そして、接続現場にて、光ファイバ 40a がフェルールホルダ 105 に形成された開口部 105a から挿入されて、フェルール 92 内のファイバ接続点 p p にて光ファイバ c と接続される。こうして現場にて構成された光ファイバコネクタ 115 は、他の光ファイバコネクタジャックあるいは光デバイスのコネクタ部または光ファイバコネクタ用アダプタと連結される。

本発明のフェルールは金属製であるために、従来のセラミックやガラスのフェルールよりも機械的強度が高く、PC接合の繰り返し耐久性及びコネクタそのものの耐久性が向上する。

実施例 9

この実施例では、実施例 8 で示したような構造の光ファイバコネクタ（コネクタプラグ）と、別の光ファイバコネクタとの接続を説明する。

図 17 には、実施例 8 で説明した光ファイバコネクタ 115a（ここではコネクタプラグと呼ぶ）と、コネクタプラグ 115a と結合する光ファイバコネクタジャック 130 とを接続する様子が示されている。コネクタプラグ 115a には既に光ファイバ 40a が導入されて、フェルール 92a の先端で PC 研磨がなされている。コネクタジャック 130 は、アダプタ 140 とコネクタプラグ 115b とから構成されている。アダプタ 140 とコネクタプラグ 115b は、アダプタ 140 の係合フック 132b をコネクタプラグ 115b のハウジング 108b に形成された係合部 134b に係合させることにより着脱可能に結合されている。コネクタプラグ 115b は、コネクタプラグ 115a と同じ構造を有しており、フェルール 92b の先端は光ファイバ 40b の先端とともに凸球面状に PC 研磨されている。

コネクタジャック 130 とコネクタプラグ 115a を結合するには、コネクタジャック 130 に取り付けられたアダプタ 140 の係合フック 132a をコネクタプラグ 115a のハウジング 108a に形成された係合部 134a に係合させる。コネクタジャック 130 とコネクタプラグ 115a を結合するときに、フェルール 92a とフェルール 92b は、アダプタ 140 の整列スリーブ 142 により同軸状に整列され、それらの先端が高精度に PC 接合する。これにより、光ファイバ 40a から光ファイバ 40b へ、あるいはその逆方向に、光が PC 接合部を介して低反射損失で伝送される。

なお、この例の光ファイバコネクタは、2つのコネクタプラグ115a, 115bとアダプタ140の組み合わせ、あるいはコネクタプラグ115aとコネクタジャック130の組み合わせのいずれとみてもよい。

実施例10

図18に、光ファイバコネクタ付き光ケーブル(光ケーブル付き光ファイバコネクタ)120の構造の一例を示す。図18に示したように、光ファイバコネクタ付き光ケーブル120は、光ファイバケーブル114の両端に、図16に示したような光ファイバコネクタ108を接続することによって構成されている。但し、各フェルール中には一本の連続した光ファイバ40aが既に導入されている。この光ケーブル120は、図17に示したようなアダプタ140を介して別の光ケーブルや光ファイバコネクタなどと接続することができる。

実施例11

図19に本発明のフェールの別の実施例を示す。図19に示したフェール150は、電鑄により形成されたニッケルコバルト合金製の円柱状フェールであり、光ファイバが通る直径約0.126mmの細孔150aが円中の中心を貫通している。細孔150aは、一方の端部でテーパ状に広がって、直径0.9mmの中空部150bに連結している。このフェール150の中空部150b側から光ファイバ40aが挿入され、光ファイバ40aの被覆部400(例えば、 $\phi=0.9\text{mm}$)もまた中空部150bに挿入される。すなわち、このフェール150は、図16及び17に示したフェール92(92a及び92b)及びホルダ106(106a及び106b)として機能する。従来のフェールでは、細孔の中心が外周に対して偏心しているために、ホルダを回転させることにより光ファイバのコア同士の位置を一致させて反射損失の増大を防止していたが、本発明の電鑄により得られたフェールはその内径の寸法精度が極めて高いために、ホルダを省略することが可能となる。ある

いは、図 19 に示したフェルールはホルダと一体型フェルールと見ることもできる。

それゆえ、図 19 に示したような構造のフェルールをホルダなしでコネクタハウジング内に收容することができる。従って、このような構造のフェルールを用いることにより光ファイバコネクタの構造を一層簡略にすることが可能となる。

なお、図 19 に示したような構造のフェルールは、細孔 150a 及び中空部 150b に対応する形状の線材、すなわち、細孔 150a に対応する小径部と中空部 150b に対応する大径部を同軸状に有する線材を用いて電鋳により製造することができる。あるいは、細孔 150a に対応する径を有する線材を用いて、電鋳により、細孔 150a を有する電鋳物を形成した後、線材を除去して適当な寸法に切断し、次いで、その端部の一方を機械加工して細孔 150a が中空部 150b のようになるように切削することができる。

以上、本発明を実施例により具体的に説明してきたが、それらの実施例は一例にすぎず、当業者が想到する範囲内の改良及び変形は本発明の範囲内に含まれる。上記実施例においては、一芯タイプのフェルールを收容する光ファイバコネクタについて説明したが、上記実施例で製造したような多芯タイプのフェルールを用いて光ファイバコネクタを構成することができることはいうまでもない。

また、フェールの材料として、アルミニウム合金及び SUS の場合を例に挙げて説明したが、電鋳が可能な材料であれば任意の材料を用いることができる。また、光ファイバコネクタは、フェールを收容している任意の光ファイバコネクタを包含し、例えば、プラグ型コネクタ、ジャック型のコネクタ、及びそれらの組み合わせ、2 個のプラグとアダプタの組み合わせ、レセプタ、光ファイバケーブル付きのコネクタを含む。

産業上の利用可能性

本発明は、電鍍法を用いているため、高価で且つ耐久性を要する特殊な成型機及び金型を必要とせず、安価な汎用の電鍍装置を用いて容易にフェルールを製造することができる。

また、本発明では、従来のように成型体を500～1200℃という高温で焼成する必要が無く、電鍍液を60℃程度に加熱すれば足りるのでエネルギーコストが低く、省エネルギーのフェルールの製法である。

本発明では、電鍍法を用いるので寸法転写性が極めて良好であり、電鍍品を研磨体で磨く必要は無く、手作業が省略されるため、不良率が低下し生産性が向上する。特に、得られたフェールの内径の寸法誤差は、電鍍の母材として用いた線材の寸法精度で決定されるため、製品の寸法管理が容易となる。従って、従来、光ファイバコネクタ中にフェールを收容する際に、光ファイバコネクタ内でフェールを回転可能に支持するホルダ(キャピラリー)を用いていたが、本発明のフェールを用いることによりこのようなホルダの使用を省略することができる。このため、本発明のフェールは光ファイバコネクタの構造を簡略化することが可能となる。

また、従来の方法では、多芯タイプのものの研磨寸法出しに於いて非常に難しく、三芯以上になると実質的に不可能という問題があったが、本発明の方法によれば、一芯タイプと殆ど変わりなく容易に製造できる。

本発明の支持装置を備えた電鍍装置を用いれば、多芯タイプのフェールを容易に且つ正確に、しかも低コストで製造することができる。

本発明の光ファイバコネクタは電鍍により形成された金属製のフェールを備えるので、そのPC研磨またはフラット研磨が容易であり、生産性に優れる。また、高精度なPC研磨またはフラット研磨が可能となるために、良好なフェール間の高精度に制御された接続が可能となり、低反射損失の光ファイ

パコネクタを実現することができる。さらに、金属製のフェルールは、機械的強度に優れるため、P C接合の耐久性及び光コネクタの耐久性が向上するという利点もある。

請求の範囲

1. 光ファイバの接続に用いられるフェルールの製造方法であって、
少なくとも一本の線材の周囲に、電鍍により金属を堆積させて棒状の電鍍体を形成し、
上記電鍍体から上記線材を除去することを含むフェルールの製造方法。
2. 線材が、断面が円形の直径0.13mm以下の線材である請求項1に記載のフェルールの製造方法。
3. 上記電鍍体から上記線材を除去することによって形成された貫通孔を中心として、電鍍体の外周を切削することを含む請求項1に記載のフェルールの製造方法。
4. 上記線材が、金属またはプラスチック製の線材である請求項1に記載のフェール。
5. 上記電鍍後に、上記線材をアルカリまたは酸性溶液で溶解することによって線材を電鍍体から除去する請求項1に記載のフェルールの製造方法。
6. 上記線材が、アルミウムまたはその合金である請求項5に記載のフェルールの製造方法。
7. 上記電鍍前に上記線材を離型処理し、電鍍後に上記電鍍体から線材を引き抜くことによって線材を電鍍体から除去する請求項1に記載のフェルールの製造方法。
8. 上記線材が、鉄またはその合金である請求項7に記載のフェルールの製造方法。

9. 電鋳前に上記線材を離型処理し、電鋳後に上記電鋳体から線材を押し出すことによって線材を電鋳体から除去する請求項1記載のフェルールの製造方法。

10. 上記少なくとも一本の線材が、所定距離隔てるように配置された二本の線材である請求項1～9のいずれか一項に記載のフェルールの製造方法。

11. 所定寸法のピンを挟んで上記二本の線材が位置決めされている請求項10に記載のフェルールの製造方法。

12. 上記少なくとも一本の線材が、互いに同じ距離だけ隔てて配列された三本の線材である請求項1～9のいずれか一項に記載のフェルールの製造方法。

13. 上記金属が、アルミニウム、ニッケル、鉄、銅、コバルト、タングステン及びそれらの合金からなる群から選ばれた一種である請求項1～9のいずれか一項に記載のフェルールの製造方法。

14. 上記金属が、ニッケルである請求項1に記載のフェルールの製造方法。

15. さらに電鋳体を所定の長さに切断することを含む請求項1～9のいずれか一項に記載のフェルールの製造方法。

16. 請求項1の方法によって製造された金属製フェルール。

17. 上記フェルールがフェルールの長手方向を貫通する円柱状中空部を有し、フェルールの一方の端部において該中空部と同じ径の第1開口を有し、他方の端部において該中空部の径より大きな径の第2開口を有する請求項16に記載の金属製フェルール。

18. 上記中空部が、第1中空部と、それより大径の第2中空部と、第1中空部と第2中空部とを連結するテーパ状の第3中空部とを備える請求項17に記載の金属製フェルール。

19. 第2中空部に光ファイバの被覆部が收容され、第1中空部に光ファイバのクラッドが收容される請求項18に記載の金属製フェルール。

20. 光ファイバを接続するために用いられるフェルールであり、金属材料のみから一体的に形成されてなるフェルール。

21. 電鋳により製造された請求項20に記載のフェルール。

22. 上記金属が、アルミニウム、ニッケル、鉄、銅、コバルト、タングステン及びそれらの合金からなる群から選ばれた一種である請求項20に記載のフェルール。

23. 光ファイバを通過させるための中空部が、複数形成されている請求項20に記載のフェルール。

24. 上記フェルールの両端において光ファイバを貫通させる孔がテーパ状であり、メカニカルスプライスのために用いられる請求項20に記載のフェルール。

25. 上記フェルールがフェルールの長手方向を貫通する円柱状中空部を有し、フェルールの一方の端部において該中空部と同じ径の第1開口を有し、他方の端部において該中空部の径より大きな径の第2開口を有する請求項20に記載のフェルール。

26. 上記中空部が、第1中空部と、それより大径の第2中空部と、第1中空部と第2中空部とを連結するテーパ状の第3中空部とを備える請求項25に記載の金属製フェルール。

27. 第2中空部に光ファイバの被覆部が收容され、第1中空部に光ファイバのクラッドが收容される請求項26に記載の金属製フェルール。

28. 光ファイバコネクタに用いられる請求項20～27のいずれか一項に記載のフェルール。

29. 光ファイバを接続するための光ファイバコネクタであって、
金属材料のみから一体的に形成されたフェルールと；
フェルールを收容するためのハウジングと；を備える光ファイバコネクタ。

30. 上記フェルールが電鋳により形成された請求項29に記載の光ファイバコネクタ。

31. さらに、フェルールを保持するとともにハウジング内でフェールの回転方向の位置決めを行うホルダを備える請求項29に記載の光ファイバコネクタ。

32. さらに、フェルール内にフェールの長さよりも短い光ファイバを備え、該光ファイバの先端及びフェールの先端がPC研磨されている請求項29に記載の光ファイバコネクタ。

33. 上記ハウジングが、プラグである請求項29に記載の光ファイバコネクタ。

34. さらに、フェルールを整列させるためのスリーブを備える請求項29に

記載の光ファイバコネクタ。

35. 上記ハウジングが、ジャックである請求項29に記載の光ファイバコネクタ。

36. さらに、上記プラグに着脱可能に接続するためのアダプタであって、フェルールを整列させるためのスリーブを有するアダプタを備える請求項33に記載の光ファイバコネクタ。

37. さらに、光ファイバケーブルを備え、光ファイバケーブルの光ファイバの先端がフェルールの先端に位置している請求項29～33のいずれか一項に記載の光ファイバコネクタ。

38. 該光ファイバの先端及びフェルールの先端が同時に研磨されている請求項37に記載の光ファイバコネクタ。

39. 上記研磨が、フラット研磨またはPC研磨である請求項38に記載の光ファイバコネクタ。

40. 光ファイバ接続用多芯フェルールを電鋳により製造するときに用いられる線材支持装置であり、

基板と；

基板上に互いに対抗して設けられた一対の位置決め用第1凸部であって、互いに同一の幅を有する第1凸部と；

上記一対の位置決め用第1凸部を挟んで互いに平行に張れた二本の線材と；を備える装置。

41. 上記凸部により二本の線材が位置決められ、それによって二本の線材の間隔が画定される請求項40に記載の装置。

42. 上記二本の線材がそれぞれ一端にて連結して一本の線材を形成している請求項40または41に記載の装置。

43. 上記凸部が、基板上に設けられたピンである請求項40または41に記載の装置。

44. さらに、線材の張りを維持するために、線材を巻きかける複数のガイドピンを備える請求項40または41に記載の装置。

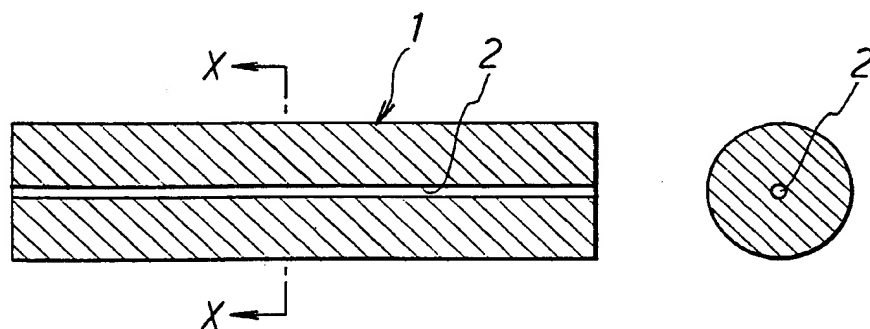
45. さらに、基板上に対抗して設けられた一对の位置決め用第2凸部であって、互いに同一の幅を有する第2凸部と；

上記一对の位置決め用第2凸部を挟んで互いに平行になるように張れた二本の線材とを備え、

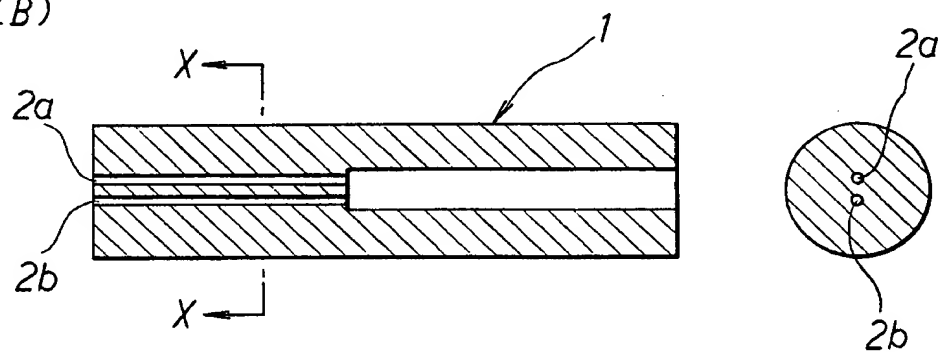
第1凸部を挟んで互いに平行に張られた線材と、第2凸部を挟んで互いに平行に張られた線材とが互いに平行であり、それぞれ隣接する線材間で同一距離を隔てている請求項40または41に記載の装置。

Fig. 1

(A)



(B)



(C)

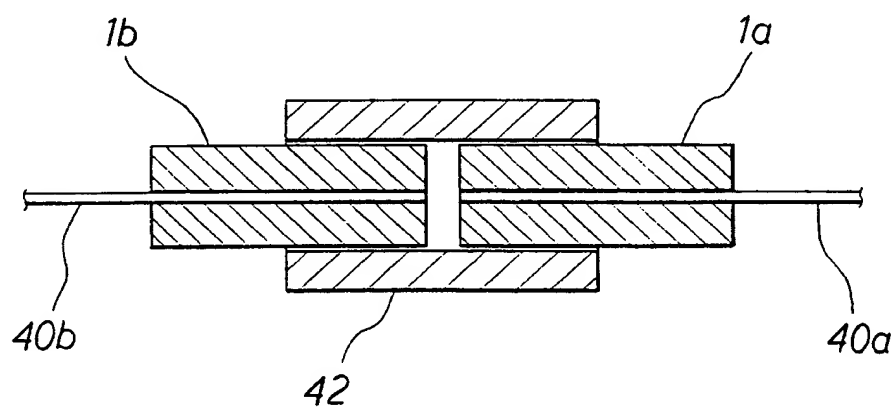


Fig. 2

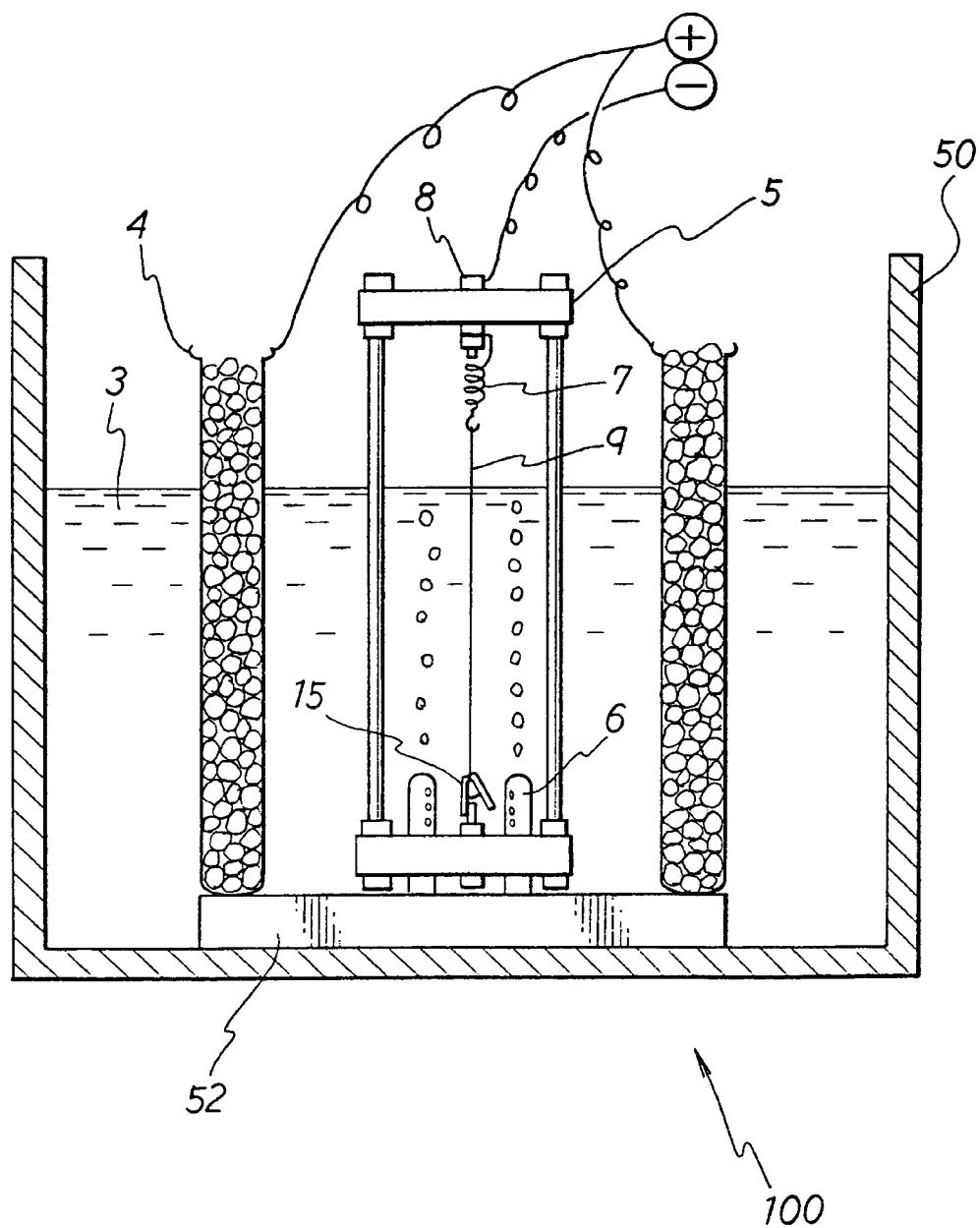


Fig. 3

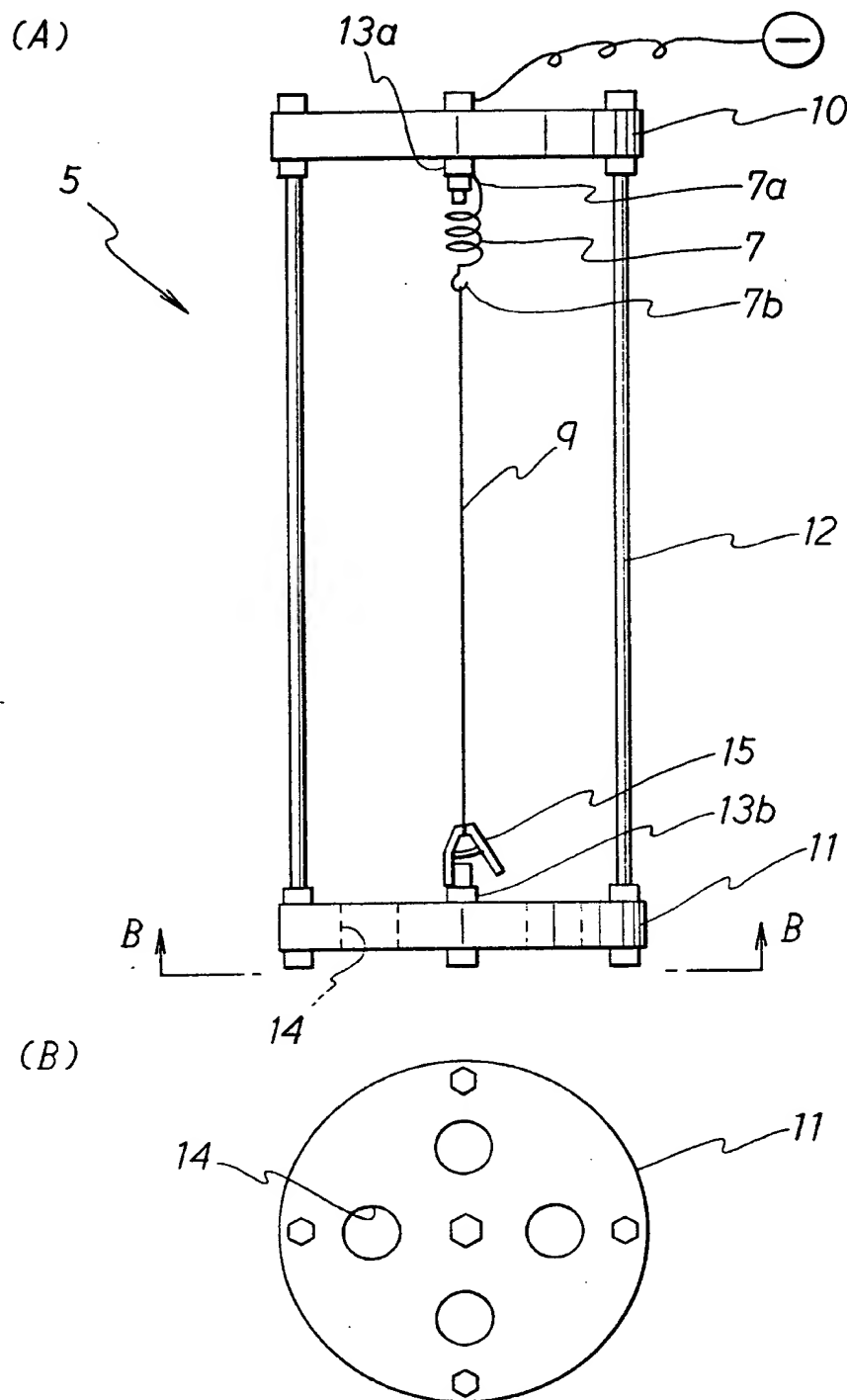


Fig. 4

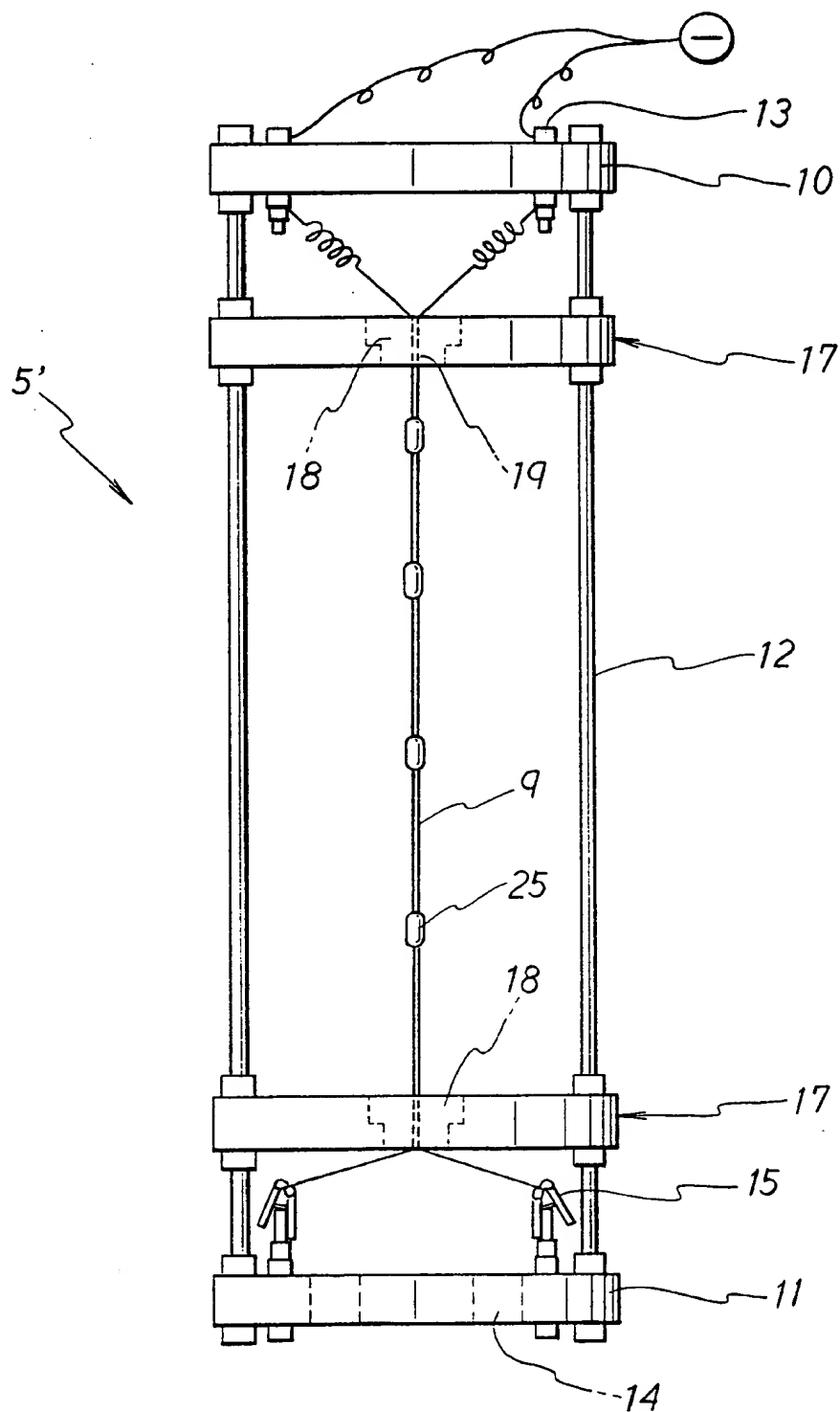


Fig. 5

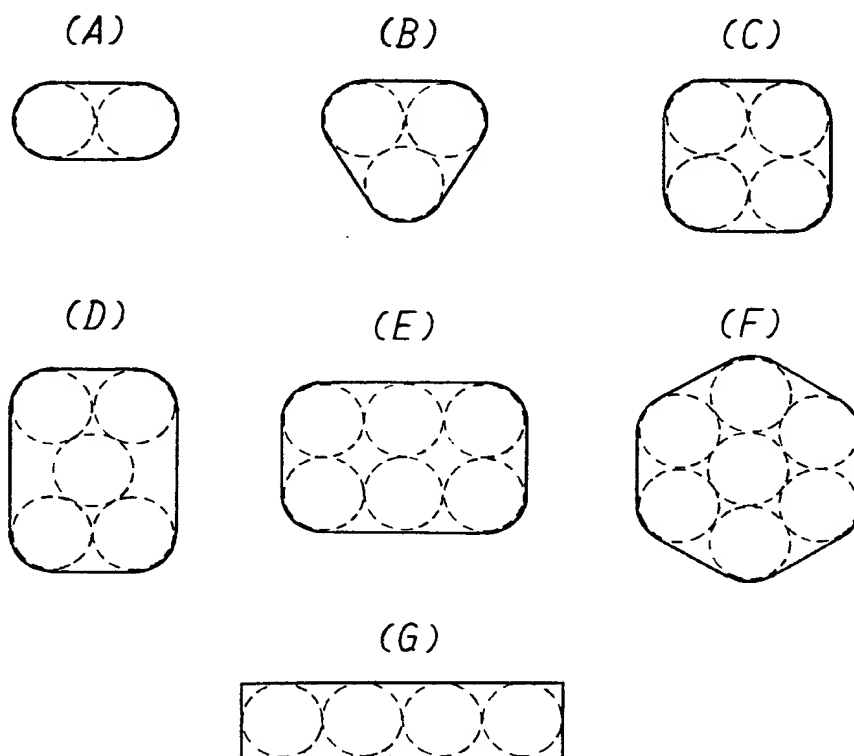


Fig. 6

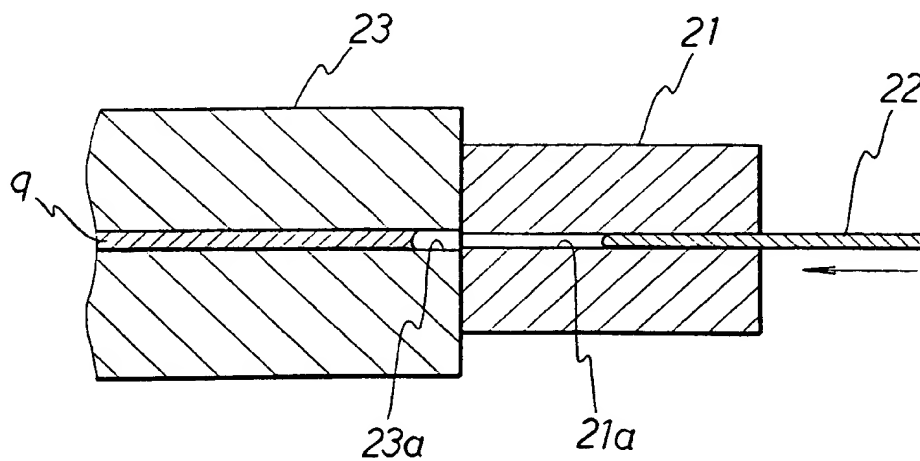


Fig. 7

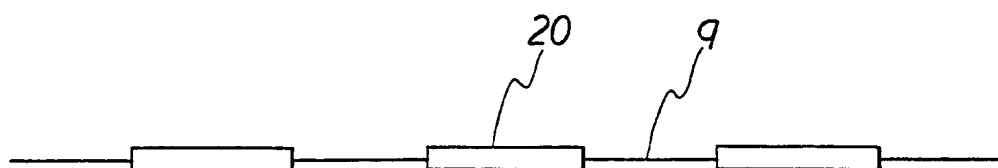


Fig. 8

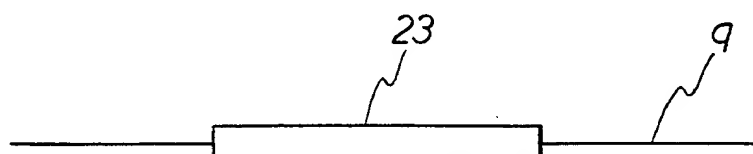


Fig. 9

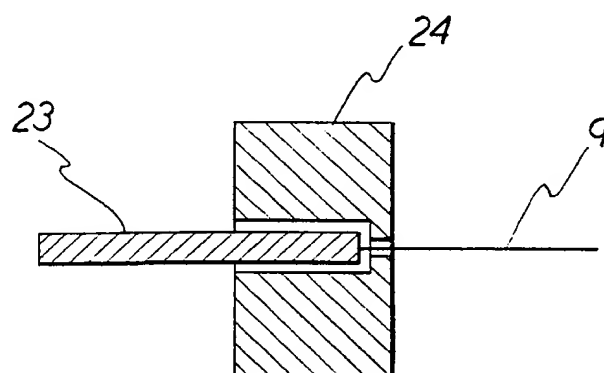


Fig. 11

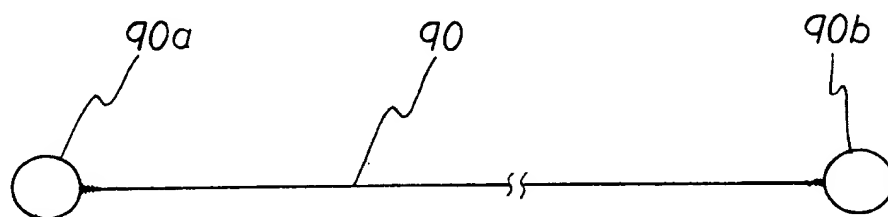
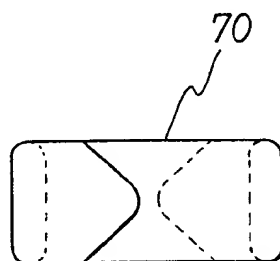


Fig. 12

(A)



(B)

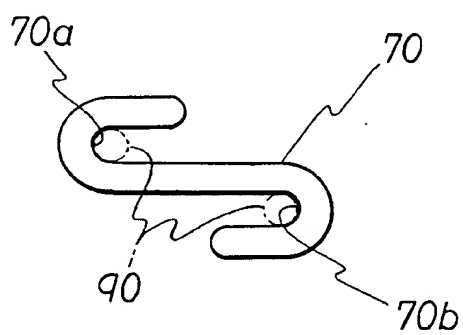


Fig. 13

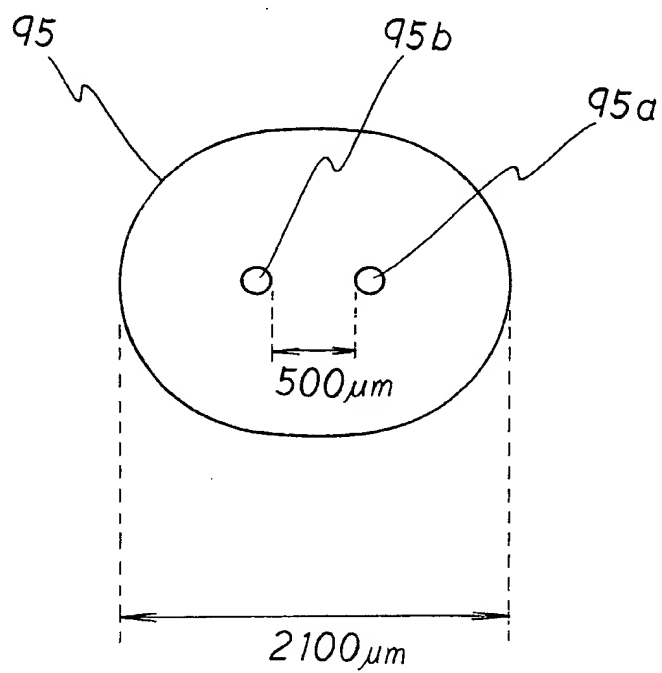


Fig. 14

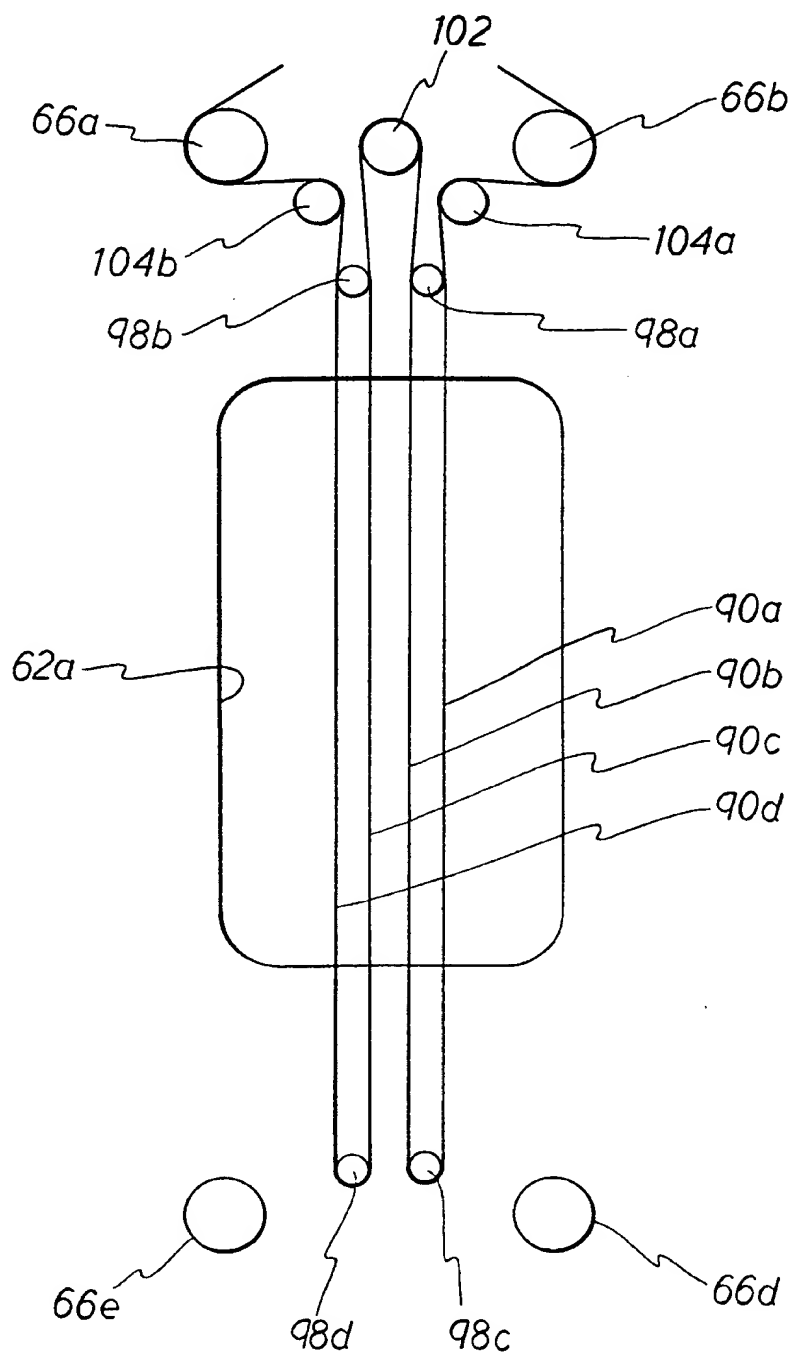
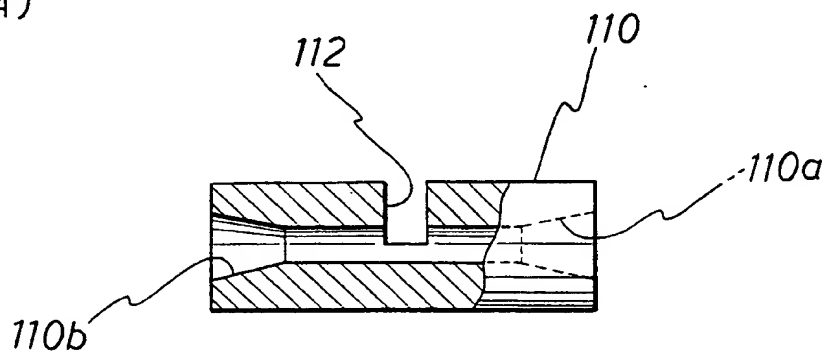


Fig. 15

(A)



(B)

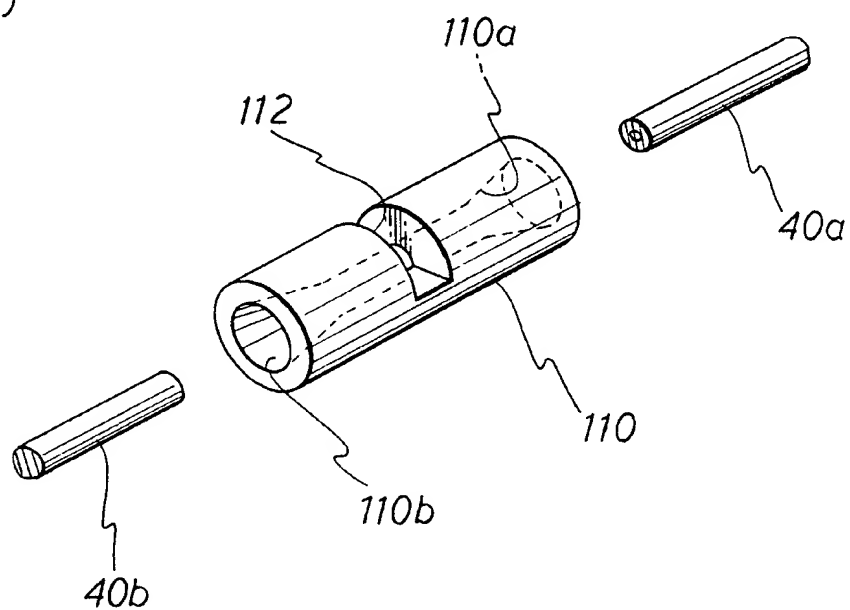


Fig. 17

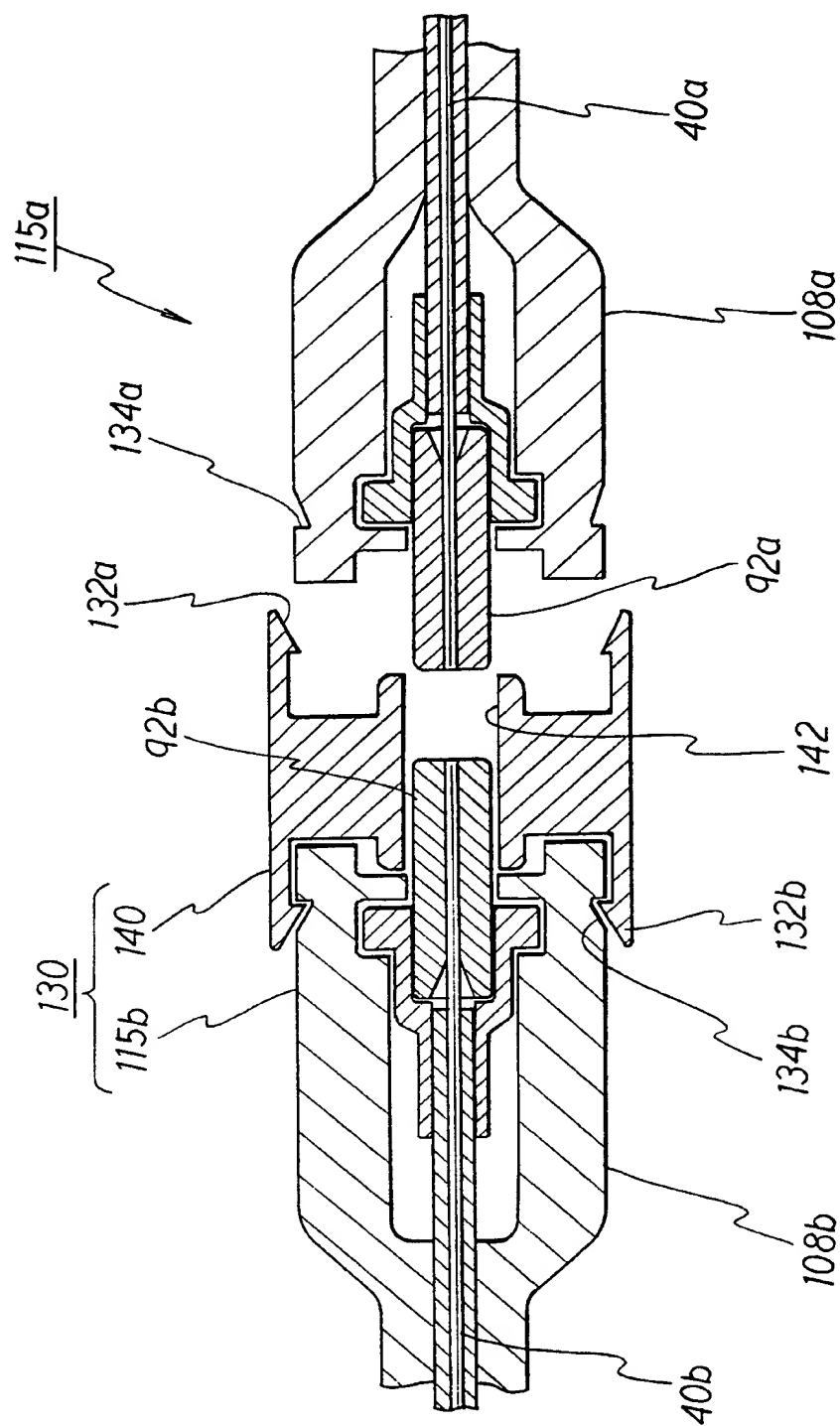


Fig. 18

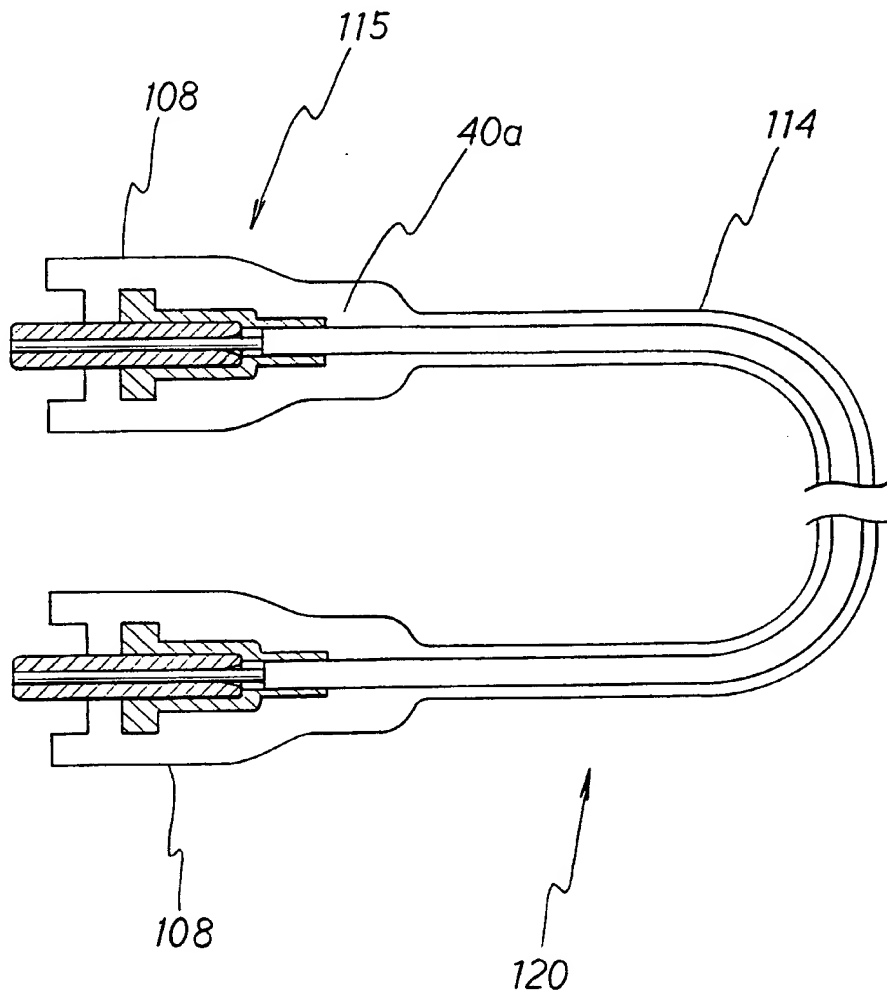


Fig. 19

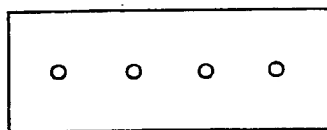
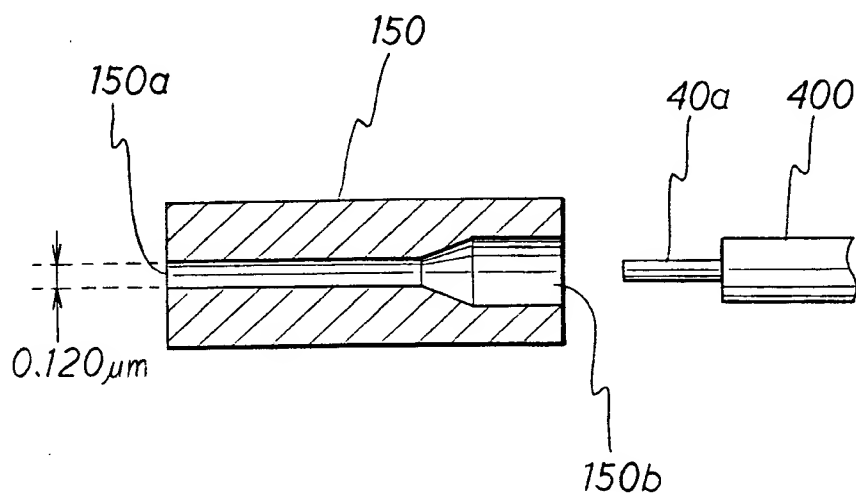


Fig. 20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06570

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B6/38, C25D1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/38, C25D1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST (JOIS)

WPI (DIALOG)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X P, Y P, A	JP, 11-305069, A (Seiko Instruments Inc.), 05 November, 1999 (05.11.99), Claims 1, 5; Par. No. [0008], Fig. 1, (Family: none)	16-22, 25-2823, 29-39 1-15, 40-45
X Y A	EP, 851253, A2 (YKK CORPORATION), 01 July, 1998 (01.07.98), page 2, line 46 to page 3, line 11; page 4, line 55 to page 5, line 13; FIG.1, FIG.2 & JP, 10-186176, A Par. Nos. [0005], [0006], [0014]; Figs. 1, 4 & KR, 98064725, A	16-22, 25-2823, 29-39 1-15, 40-45
X Y A	JP, 10-111433, A (Totoku Electric Co., Ltd.), 28 April, 1998 (28.04.98), Par. No. [0014], [0016]; Figs. 3, 4, (Family: none)	16-17, 19-23, 25 , 27-28 18, 26, 29-39 1-15, 40-45
Y	JP, 9-127371, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 16 May, 1997 (16.05.97), Claim 1; Figs. 1, 3, 6, 9 & US, 5909528, A	32

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 February, 2000 (21.02.00)

Date of mailing of the international search report
29 February, 2000 (29.02.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06570

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP, 3-50245, B2 (Fujitsu Limited), 01 August, 1991 (01.08.91), page 1, left column, lines 2 to 14; page 2, left column, line 31 to page 3, left column, line 3; Figs. 1 to 4 (Family: none)	16-22, 25-2823, 29-39 1-15, 40-45
Y	EP, 780710, A2 (Emit Seiko Co., Ltd.), 25 June, 1997 (25.06.97), Column 5, line 16 to Column 6, line 5; FIG.1 & JP, 9-171125, A, Par. No. [0011]; Fig. 1 & US, 5845029, A & CA, 2193145, A	29-39
X	JP, 10-123349, A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 15 May, 1998 (15.05.98), Par. No. [0013]; Fig. 1 (Family: none)	24

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/06570

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/38, C25D1/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/38, C25D1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)
 WPI (DIALOG)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X P, Y P, A	J P, 11-305069, A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 5. 11月. 1999 (05. 11. 99) 請求項1, 請求項5, 段落番号【0008】, 図1 (ファミリーなし)	16-22, 25-28 23, 29-39 1-15, 40-45
X Y A	EP, 851253, A2 (YKK CORPORATION) 1. 7月. 1998 (01. 07. 98) 第2頁第46行目-第3頁第11行目, 第4頁第55行目-第5頁第13行目, FIG. 1, FIG. 2 & J P, 10-186176, A, 段落番号【0005】- 【0006】, 【0014】, 図1, 図4 & KR, 98064725, A	16-22, 25-28 23, 29-39 1-15, 40-45

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 02. 00

国際調査報告の発送日

29.02.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田英一

2 K

9124

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 10-111433, A (東京特殊電線株式会社) 28. 4月. 1998 (28. 04. 98)	16-17, 19-23, 25, 27-28
Y	段落番号【0014】, 【0016】, 図3, 図4 (ファミリー	18, 26, 29-39
A	なし)	1-15, 40-45
Y	JP, 9-127371, A (住友電気工業株式会社) 16. 5月. 1997 (16. 05. 97) 請求項1, 図1, 図3, 図6, 図9 & US, 5909528, A.	32
X	JP, 3-50245, B2 (富士通株式会社)	16-22, 25-28
Y	1. 8月. 1991 (01. 08. 91)	23, 29-39
A	第1頁左欄第2-14行目, 第2頁左欄第31行目-第3頁左欄 第3行目, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-15, 40-45
Y	EP, 780710, A2 (Emit Seiko Co., Ltd.) 25. 6月. 1997 (25. 06. 97) 第5欄第16行目-第6欄第5行目, FIG. 1 & JP, 9-171125, A, 段落番号【0011】, 図1 & US, 5845029, A & CA, 2193145, A.	29-39
X	JP, 10-123349, A (日本電気硝子株式会社) 15. 5月. 1998 (15. 05. 98) 段落番号【0013】, 図1 (ファミリーなし)	24